

# オフィスの特徴によるトイレの空室検索サービスの効果の分析

○下刎直紀 高橋真吾 (早稲田大学)

大堀耕太郎 山根昇平 (株富士通研究所)

## Analysis of the Effect of Vacancy Search Service of Toilet by Characteristics of Office Building

\* N. Shitahane and S. Takahashi (Waseda University)

K. Ohori and S. Yamane (Fujitsu Laboratories Ltd.)

**概要**— 近年、トイレの個室の空室状況を PC やスマートフォンから参照できるようにする IoT サービスが注目されている。本研究では、今後企業がトイレの空室検索サービスを施設に導入する際にどの機能をもったサービスを選択するべきかの意思決定のための示唆を得ることを目的としている。そこで、オフィスの特徴によってどの機能を持ったサービスが効果的であるか、について様々な評価指標から比較し、ABSSを用いて分析する。

**キーワード:** Agent-Based Social Simulation, IoT, トイレ, 空室検索サービス

## 1 序論

### 1.1 研究背景

インターネット技術や各種センサー・テクノロジーの進化等を背景に、パソコンやスマートフォンなど従来のインターネット接続端末に加え、家電や自動車、ビルや工場など、世界中の様々なモノがインターネットにつながり始めている。IoT (Internet of Things) 時代においては、こうしたインターネットにつながるモノが爆発的に増加していくことが予想される<sup>1)</sup>。

近年このような背景の中で、トイレの個室の空室状況を可視化する IoT サービスが注目されており、オフィスのトイレにセンサーを設置し、空室状況をパソコンやスマートフォンから参照できるようにするサービスを提供している企業も存在する。

トイレの空室検索サービスをオフィスビルに導入する主な目的は、利用者がトイレへ移動する際に事前にトイレの空室状況を知ること、空いているトイレへの移動をスムーズに行えるようにすることである。

しかしこのサービスが導入されていても、全ての個室が満席であるような大規模な混雑が発生している状況では期待される効果をあまり得ることができない。

さらに、今回空室検索サービスの利用者に対して行ったヒアリングによると、混雑時に個室の空きを確認してからトイレに向かっても、到着した頃には他の人に既に利用されており、目的のトイレを利用できないこともある、とのことである。

また、トイレの空室検索サービスにはサービスを提供している企業の製品によって、各個室の利用時間も参照できる機能や、トイレの前で並んでいる人の人数も参照できる機能などの拡張機能があるが、どのような特徴を持ったオフィスビルにはどのような機能を持ったサービスが効果が高いのかという点についてはまだ研究がなされていない。

### 1.2 従来研究

藤井ら<sup>2)</sup>は実地調査を行い、そこで得られたデータをもとにシミュレーションを行うことで、衛生器具の必要数を算出した。

村川ら<sup>3)</sup>はアンケート調査を行い、分析結果から得られたデータを用いて、最大待ち時間や許容待ち時間を基にして作られたイライラ度という指標から決定した3段階のサービスレベルを定義し、事務所の適正器具数についてシミュレーションを行い具体的な算定値を提示した。

また、今村ら<sup>4)</sup>はエージェントベースモデルを用いて被災地トイレ利用のシミュレーションを行うことで、被災地におけるトイレの混雑状況を明らかにした。この研究のように、トイレの問題に対して ABSS (エージェントベース社会シミュレーション) を用いて分析する研究は被災地に関するものが多く、本研究のように IoT サービスを対象とした研究はあまりなされていない。

### 1.3 研究目的

本研究では、今後企業がトイレの空室検索サービスを施設に導入する際にどの機能をもったサービスを選択するべきかの意思決定のための示唆を得ることを大きな目的とする。

トイレの空室検索サービスの効果に影響を与える主な要因は、施設利用者の特徴と施設そのものの特徴の2つがある。こういった特徴を持つ建物にはこのサービスが効果的である、という示唆を与えることができれば、今後企業がサービスを施設に導入する際にどの機能をもったサービスを選択するべきかの意思決定の支援をすることができる。一方で、施設利用者にとってこういった特徴があればこのサービスが効果的である、という示唆では、施設利用者の特徴が可視化できないが故に、今後企業がサービスを施設に導入する際にどの機能をもったサービスを選択するべきかの意思決定の支援とはなりにくい。

そのため本研究では、待ち時間に許容的であったりそうでなかったりといった施設利用者の特徴別でシナリオを作成するのではなく、様々な許容さを持った施設利用者が施設を利用するという前提のもと、フロア人数や各トイレ間の距離といったオフィスの特徴とサービスの機能をシナリオとして変化させ、オフィ

スビルの特徴によってどのような拡張機能を持ったサービスが効果が高いのかについて分析する。

また、情報量の多い機能を備えたサービスの方がどのような状況においても効果が高いと予想されがちではあるが、必ずしもそうであるとは限らない。情報量が多い機能を備えたサービスよりも情報量が少ない機能を備えたサービスの方が効果的な状況が発生するとすれば、それがどのような状況、またオフィスビルにどのような特徴があれば発生するのか、という点についても分析を行う。

以上の2点について、トイレ利用者の平均移動時間、平均移動割合（トイレ利用者が最寄りのトイレに着いた後他のトイレに移動した割合）、平均待ち時間、最大待ち時間、非許容度（トイレ利用者が許容できる待ち時間を越えた状況が発生した割合）といった評価指標から比較し ABSS を用いて分析する。

## 2 モデル

本研究で提案するモデルは、オフィスビルを表現した環境モデル、オフィスビル内のトイレの個室を表現したトイレモデル、オフィスビル内で働きトイレの個室を利用する社員を表現したトイレ利用者エージェントモデルから構成される。エージェントは環境内の特定のノードに滞在し、行動ルールに従い、情報取得、意思決定、移動を行い、環境内のトイレを利用する。

### 2.1 環境モデル

環境モデル *Environment* は、特定の場所を表すノードの集合 *nodeSet*、エージェントが移動する経路を表すエッジの集合 *edgeSet* から構成される。

ノードは、座標  $node(x,y)$ 、ノードの種類 *nodeType*、フロア人数 *agentNum*、フロア個室数 *toiletNum*、フロア待ち人数 *waitingNum* から構成される。ノードの種類には、階段 *floorNode*、トイレ *toiletNode*、仕事場 *officeNode* の3つがあり、それぞれ異なる機能を持つ。ノードは共通して同じパラメータを持っているが、ノードの種類によって使用するパラメータを変えることで各ノードの機能を表現する。

エッジは、座標  $edge(x,y)$ 、エッジの種類 *edgeType*、エッジの移動に要する時間 *edgeTime* から構成される。エッジの種類には、階段間 *floorEdge*、階段トイレ間 *floorToiletEdge*、トイレ仕事場間 *toiletOfficeEdge* の3つがある。

### 2.2 トイレモデル

トイレモデル *toiletModel* は、トイレの個室の集合 *toiletSet*、各フロアのトイレの集合 *toiletGroupSet* から構成される。トイレの個室は、座標  $toilet(x,y)$ 、トイレ番号 *toiletID*、利用状態 *use*、利用時間 *useTime* から構成される。各フロアのトイレは、座標  $toiletGroup(x,y)$ 、トイレ群番号 *toiletGroupID*、保有する個室のトイレ番号 *havingToiletID* から構成される。

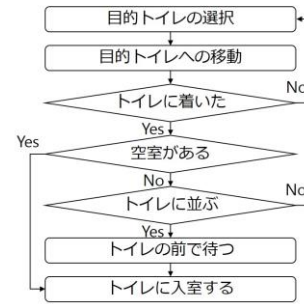


Fig. 1: トイレ利用者エージェントの  
大まかな行動の流れ。

### 2.3 トイレ利用者エージェントモデル

トイレ利用者エージェントモデル *agentSet* は、トイレの個室を利用するために、目的とするトイレ選択、個室に空きが無い際に並ぶか否かの意思決定や、移動、待ちの行動を取り、トイレに入室できた場合には用を足し退室する、オフィスビル内で働く人を表現している。

トイレ利用者エージェント *agent* は、座標  $agent(x,y)$ 、エージェント番号 *agentID*、各トイレの予想入室時間 *expectedEntryTime*、各トイレまでの移動時間 *movingTime*、サービス情報による各トイレの予想待ち時間 *serviceExpectedWaitingTime*、現地情報による各トイレの予想待ち時間 *localExpectedWaitingTime*、一般トイレ利用時間 *generalUseTime*、一般トイレ利用時間更新回数 *generalUseTimeUpdatedNum*、目的トイレ *goalToilet*、許容待ち時間 *allowableTime*、並び始めた時間 *lineTime*、並び始めた時の待ち人数 *lineWaitingNum*、並び始めた時の予想入室トイレの利用時間 *lineExpectedEnterToiletUseTime*、入室時間 *entryTime*、トイレ利用時間 *agentUseTime* から構成される。

トイレ利用者エージェントの大まかな行動の流れを Fig. 1 に示す。トイレ利用者エージェントはまず目的トイレを選択する。各階のトイレに対し予想入室時間を計算し、予想入室時間が最小となるトイレを目的トイレとする。その後目的トイレに向かって移動を行い、トイレに着いた場合は空室があれば入室する。空室がない場合は、現在地のトイレの現地情報による予想待ち時間がエージェントの許容待ち時間以内である、または、各階のトイレの予想入室時間と比較した際、現在地のトイレの予想入室時間が最小である場合はトイレに並ぶ。上記の条件を満たさなかった場合はそのトイレには並ばず、新たに目的トイレを選択し移動を行う。

## 3 シミュレーション

### 3.1 シミュレーションの流れ

シミュレーションの流れを Fig. 2 に示す。まず初めに環境モデル、トイレモデル、トイレ利用者エージェ

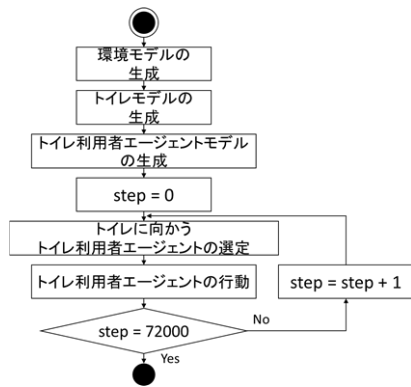


Fig. 2: シミュレーションの流れ

ントモデルの生成を行う。その後 step を 0 とし、シミュレーションを開始する。1step は現実世界での 1 秒に相当し、72000step で終了となる。1step 内ではトイレに向かうトイレ利用者エージェントの選定と、Fig. 1 に従ったトイレ利用者エージェントの行動で構成される。

トイレに向かうトイレ利用者エージェントの選定はあらかじめ設定された 1 分ごとのエージェントの平均選定人数をもとにし、1 秒ごとに選定人数を決める。

なお、平均選定人数の分布は協力先の企業において計測されたピーク時間帯における 1 分ごとの平均到着人数をそのまま 1 分ごとの平均選定人数として用いており、さらに 60 で割ることで 1 秒ごとの平均選定人数を設定している。また、協力先の企業のオフィスのフロア人数と今回のシミュレーションでのフロア人数が異なるため、倍率を調整して用いている。

### 3.2 分析するシナリオ

#### 3.2.1 施策シナリオ

施策シナリオは Table 1 に示すように 4 種類あり、それぞれビルに導入されているサービスが異なり、それに伴いトイレ利用者エージェントがサービスにより得られる情報が異なるため、各意思決定に異なる影響を及ぼす。

#### 3.2.2 状況シナリオ

状況シナリオは Table 2 に示すようにビルの特徴を表しており、性別とフロア人数の組み合わせに対して、各トイレ間の距離を変動させることにより、情報量が多いにもかかわらず、情報量が少ない施策シナリオの方が効果的になる状況を分析する。

## 4 妥当性の検証

1 分ごとのエージェントの平均発生回数に協力先の企業の 1 分ごとのトイレの入室人数を用いたが、協力先の企業と同じフロア人数・フロア個室数・階段間移動時間・階段トイレ間移動時間・トイレ仕事場間移動時間を用いてシミュレーションを行ったところ、1 分ごとの入室人数の推移が再現できていたため、モデル

Table 1: 施策シナリオ

施策シナリオ番号	ビルに導入されているサービス	トイレ利用者がサービスにより得られる情報
①	なし	なし
②	空室検索サービス	各フロアの空き個室数
③	空室検索サービス+ 各個室の利用時間表示機能	各フロアの空き個室数+ 各個室の利用時間
④	空室検索サービス+ 各フロアの待ち人数表示機能	各フロアの空き個室数+ 各フロアの待ち人数

Table 2: 状況シナリオ

性別	フロア人数	階段トイレ間距離
男性	120	1から19まで3ずつ増やす
	180	
	240	
女性	40	
	60	
	80	

としての妥当性が確保できた。

## 5 結果と考察

### 5.1 移動時間の評価

階段トイレ間移動時間を 10 秒とし、それに対して 4 種類の施策シナリオを 10 試行ずつシミュレーションした。

#### 5.1.1 男性 - フロア人数 120 人

Fig. 3 と Fig. 4 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

施策シナリオ③は両方の指標が共に最も低いことからトイレ利用者に対してあまり移動を促さないことがわかる。各個室の利用者の利用時間が見られるため、もしすぐに出てきそうな利用者がある場合にはサービス利用者は並ぶことを選択する可能性が高い。そのた

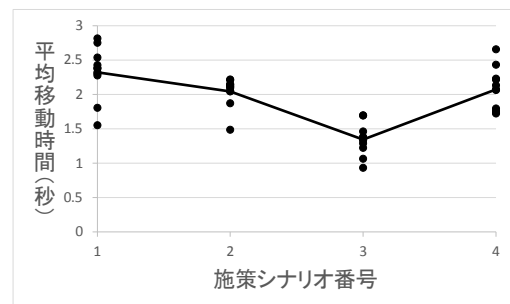


Fig. 3: 男性 - フロア人数 120 人の平均移動時間

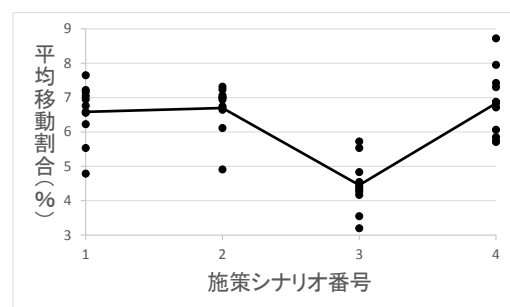


Fig. 4: 男性 - フロア人数 120 人の平均移動割合

め他のシナリオに比べて移動が少なくなる傾向がある。

施策シナリオ②と④は①に比べて平均移動割合が若干高いが、平均移動時間では低い値になっている。このことから、②と④はサービス利用者に対して移動を促すが、スムーズな移動をさせていることがわかる。

### 5.1.2 男性 - フロア人数 180 人

Fig. 5 と Fig. 6 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

施策シナリオ③は 120 人の場合と同様、両方の指標において最も低かった。

施策シナリオ②と④は①と比べ平均移動割合がほぼ変わらないものの、平均移動時間は大幅に低い値となっており、120 人の場合よりもさらにスムーズなトイレ移動を実現できていることがわかる。

### 5.1.3 男性 - フロア人数 240 人

Fig. 7 と Fig. 8 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

施策シナリオ④は両方の指標で最も良い結果となった。フロア人数が 240 人の場合ではかなりの混雑が発生し、全ての階で待ち行列が発生していることが多い。待ち人数がわかる④では最寄りのトイレの待ち人数が他に比べ少ない場合、他の階に行く必要がないことがわかり、無駄な移動を無くすることができる。それにより平均移動時間も他と比べると大幅に短くなっている。

施策シナリオ②と③では他のトイレも満室であるという情報は入手できるため、何もサービスを導入していない①よりは両方の指標で良い値となっている。

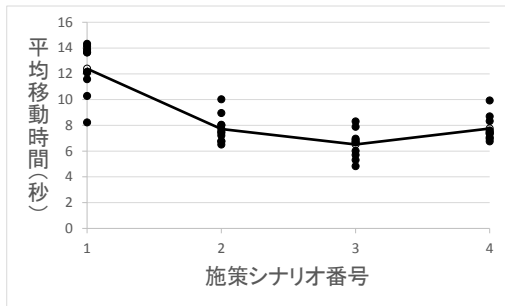


Fig. 5: 男性 - フロア人数 180 人の平均移動時間

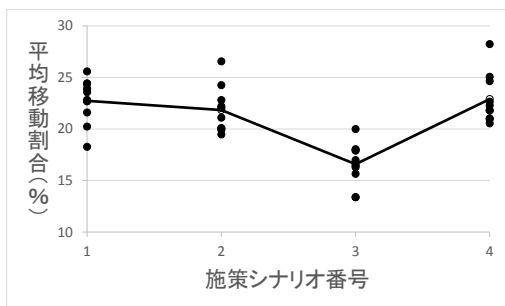


Fig. 6: 男性 - フロア人数 180 人の平均移動割合

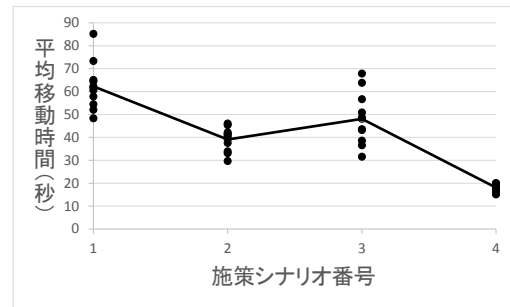


Fig. 7: 男性 - フロア人数 240 人の平均移動時間

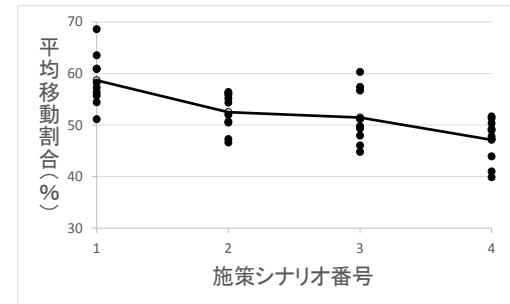


Fig. 8: 男性 - フロア人数 240 人の平均移動割合

平均移動時間が②よりも③の方が若干長くなっているのは、③の方が情報量が多いため最短で入ることのできるトイレが移動中に変わることがあり、トイレ間で進んだ道に戻るが発生するためである。

### 5.1.4 女性 - フロア人数 40 人

Fig. 9 と Fig. 10 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

女性 - フロア人数 40 人のシナリオでは、トイレが満室になる状況自体がほぼ発生しないため、サービスによる影響が少なく、施策シナリオ間での差はあまり見られなかった。

### 5.1.5 女性 - フロア人数 60 人

Fig. 11 と Fig. 12 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

女性 - フロア人数 60 人のシナリオにおいても、トイレが満室になる状況自体がほぼ発生しないため、サービスによる影響が少なく、施策シナリオ間での差はあまり見られなかった。

### 5.1.6 女性 - フロア人数 80 人

Fig. 13 と Fig. 14 に示すように各施策シナリオを平均移動時間と平均移動割合で比較した。

女性 - フロア人数 80 人のシナリオではトイレが満室になる状況が少し発生していたため、40 人、60 人の場合とは異なり結果に差が見られた。

男性と女性では許容できる待ち時間と個室の利用時間の分布が異なるため、男性の場合は満室であれば待つことに対して許容できない人が多いが、女性の場合は満室であっても待つことに対して許容できる

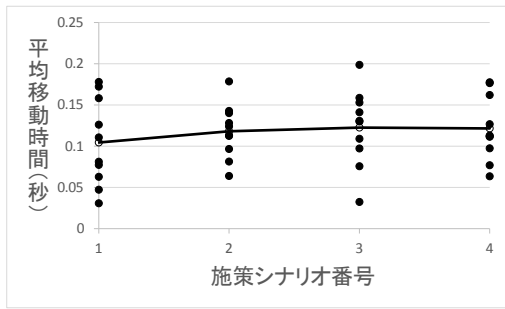


Fig. 9: 女性 - フロア人数 40 人の平均移動時間

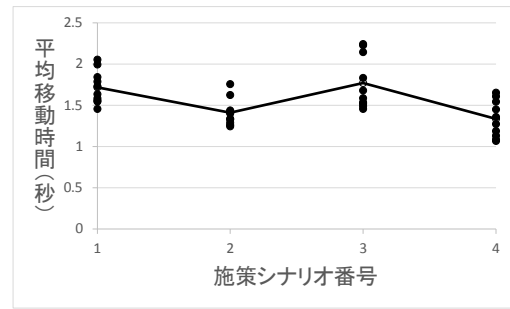


Fig. 13: 女性 - フロア人数 80 人の平均移動時間

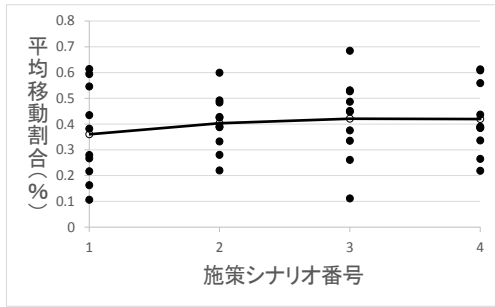


Fig. 10: 女性 - フロア人数 40 人の平均移動割合

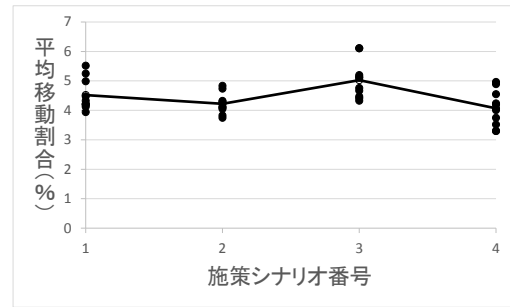


Fig. 14: 女性 - フロア人数 80 人の平均移動割合

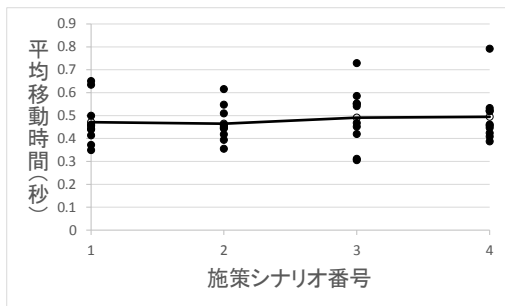


Fig. 11: 女性 - フロア人数 60 人の平均移動時間

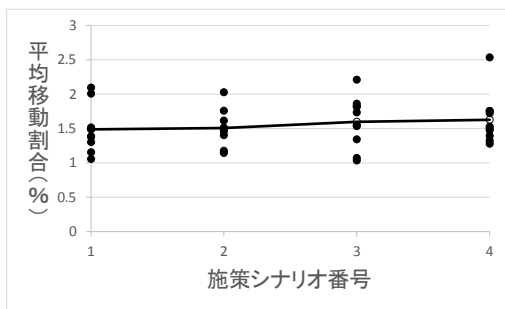


Fig. 12: 女性 - フロア人数 60 人の平均移動割合

人の方が多い、というように満室時の行動の特徴が異なってくる。そのため女性の場合では、各個室の利用時間がわからない状況では移動しないことが多いために、施策シナリオ③以外は、③に比べ両方の指標の値が低くなっている。一方、施策シナリオ③では各個室の利用時間がわかるため、個室利用者の利用時間が全て短い状況では移動を選択する可能性が高くなるため、

両方の指標の値が若干高くなっている。

## 5.2 移動時間の評価

階段トイレ間移動時間を7パターン変化させ、それぞれに対して4種類の施策シナリオを10試行ずつシミュレーションした。

### 5.2.1 男性 - フロア人数 120 人

Fig. 15 と Fig. 16 と Fig. 17 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較した。

今回のシミュレーション実験では各階の個室数を4としており、それに対して男性のフロア人数が120人と少なくあまりトイレが満室になるような状況が発生しないため、施策シナリオ①と比較した場合、②④は非許容度の値が低いものの他の指標ではあまり差が見られなかった。また、施策シナリオ③は全ての指標であまり良い結果とならなかった。これは、施策シナリオ③では各個室の利用時間をトイレ利用者が知ることができるが、満室であった場合に「あまり待つことなくすぐに空きそうだから待つ」という選択をしたものの、思いのほかなかなか空かず待ち時間が増えてしまった、という現象が一定数発生してしまったためである。

### 5.2.2 男性 - フロア人数 180 人

Fig. 18 と Fig. 19 と Fig. 20 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較した。

各階の個室数4に対して男性のフロア人数が180人の状況ではトイレが満室になる状況がある程度発生す

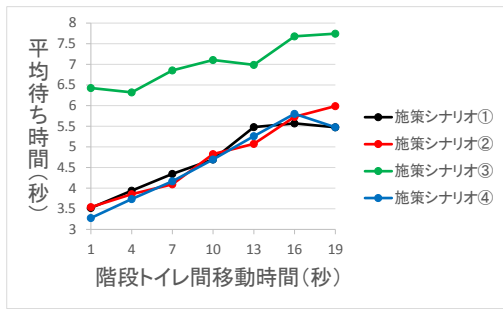


Fig. 15: 男性 - フロア人数 120 人の平均待ち時間

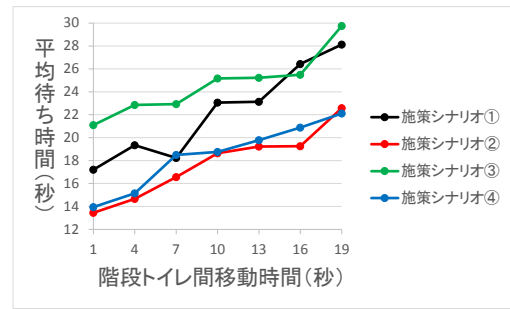


Fig. 18: 男性 - フロア人数 180 人の平均待ち時間

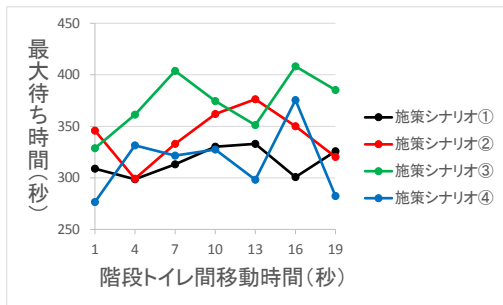


Fig. 16: 男性 - フロア人数 120 人の最大待ち時間

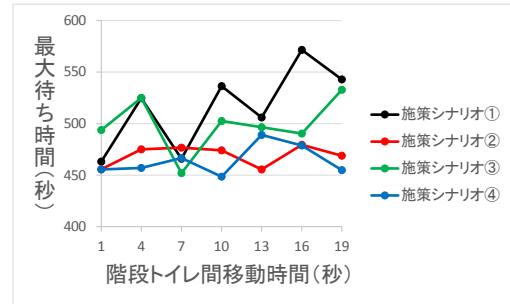


Fig. 19: 男性 - フロア人数 180 人の最大待ち時間

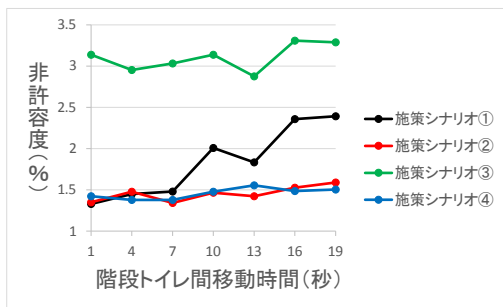


Fig. 17: 男性 - フロア人数 120 人の非許容度

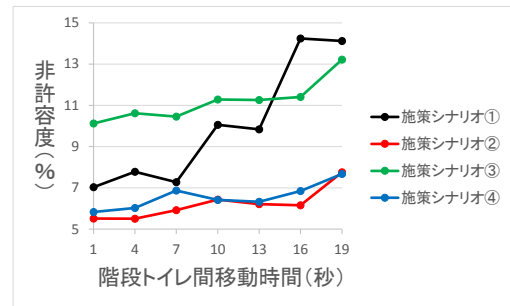


Fig. 20: 男性 - フロア人数 180 人の非許容度

るため、施策シナリオ②④においては①に比べて全ての指標で良い結果となり、トイレ利用者のスムーズなトイレ移動を促したことにより混雑の解消に貢献していた。一方施策シナリオ③では男性のフロア人数が 120 人の実験における考察で述べたように、待ち時間が増えてしまう傾向があるため、平均待ち時間と非許容度においてはあまり良い結果にはならなかったが、最大待ち時間を減少させることはできていた。

### 5.2.3 男性 - フロア人数 240 人

Fig. 21 と Fig. 22 と Fig. 23 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較した。

男性のフロア人数が 240 人に対して各階の個室数 4 という数は、安全衛生情報センター<sup>5)</sup>が定めている「男性のフロア人数 60 人に対して個室を 1 つ設置しなくてはならない」という事務所衛生基準規則の最低基準であるため、かなりの時間において各階の個室の前に待

ち行列が発生していた。このように各階に待ち行列が発生している状況ではその待ち行列の長さ(待ち人数)を把握することのできる施策シナリオ④の結果が良く、特にトイレ間の移動が困難である、階段トイレ間移動時間が長い状況においては全ての指標において他の施策シナリオよりも良い結果となっていた。

### 5.2.4 女性 - フロア人数 40 人

Fig. 24 と Fig. 25 と Fig. 26 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較した。

各階の個室数 4 に対して女性のフロア人数が 40 人と少なく、ほぼトイレが満室になるような状況が発生しないため、施策シナリオ①の場合であっても平均待ち時間は 1 秒未満であり、非許容度も 0.4% 未満とサービスの導入自体の必要性が無いとみられるくらい状況であった。

しかしそのような状況でも、男性の場合では最も効

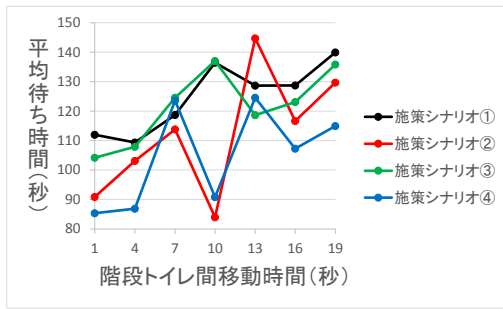


Fig. 21: 男性 - フロア人数 240 人の平均待ち時間

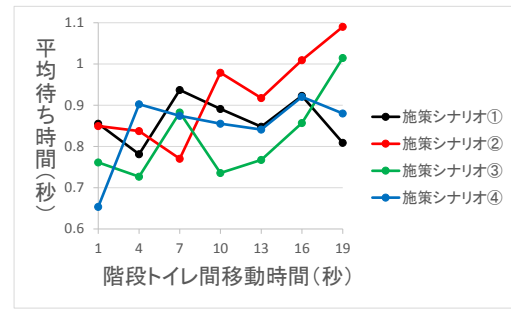


Fig. 24: 女性 - フロア人数 40 人の平均待ち時間

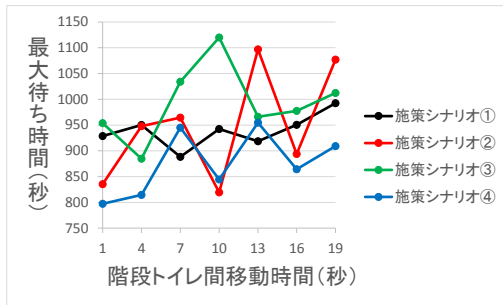


Fig. 22: 男性 - フロア人数 240 人の最大待ち時間

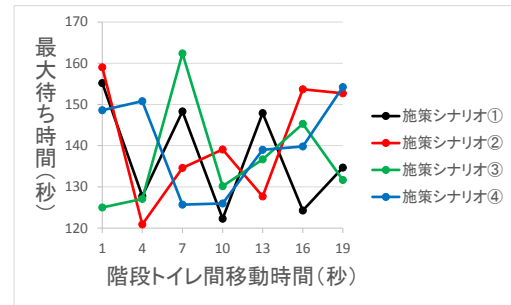


Fig. 25: 女性 - フロア人数 40 人の最大待ち時間

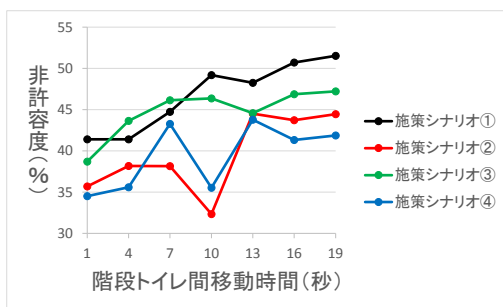


Fig. 23: 男性 - フロア人数 240 人の非許容度

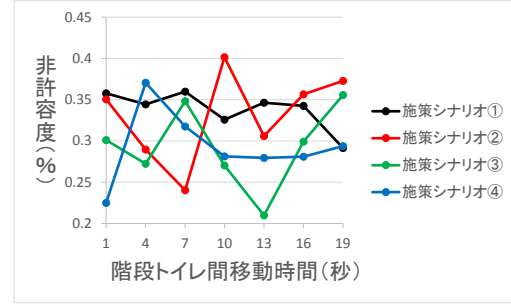


Fig. 26: 女性 - フロア人数 40 人の非許容度

果的と言えた状況が全くなかった施策シナリオ③が最も効果的であった。これは、施策シナリオ③では個室の利用時間をトイレ利用者が知ることができるが、満室であった場合に「あまり待つことなくすぐに空きそうだから待つ」という選択をしたものの、思いのほかなかなか空かずに待ち時間が増えてしまった、という現象が男性の場合では一定数発生してしまっていたものの、女性の場合では個室の平均利用時間が男性と比べて2倍以上も少ないため、思いのほかなかなか空かないということ自体が起こりにくいからである。そのため、待ちを選択した場合でも予想通りすぐに空く確率が高いため待ち時間が増えにくく、さらに他の階が空いているにもかかわらず待つことで移動時間を削減し、結果的に待ち時間が減少することになった。

### 5.2.5 女性 - フロア人数 60 人

Fig. 27 と Fig. 28 と Fig. 29 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較

した。

各階の個室数 4 に対して女性のフロア人数が 60 人の状況においてもトイレが満室になる状況があまり発生しないため、フロア人数が 40 人の場合と状況が大きく変わらず、同様に施策シナリオ③が最も効果的となった。

フロア人数が 40 人の場合と異なる点としては、40 人の場合では各施策シナリオ間での最大待ち時間の効果にあまり差が見られなかったが、60 人の場合では施策シナリオ③の最大待ち時間が他の施策シナリオに比べて結果が良かった点である。

### 5.2.6 女性 - フロア人数 80 人

Fig. 30 と Fig. 31 と Fig. 32 に示すように各施策シナリオを平均待ち時間と最大待ち時間と非許容度で比較した。

女性のフロア人数が 80 人に対して各階の個室数 4 という数は、安全衛生情報センター<sup>5)</sup>が定めている「女

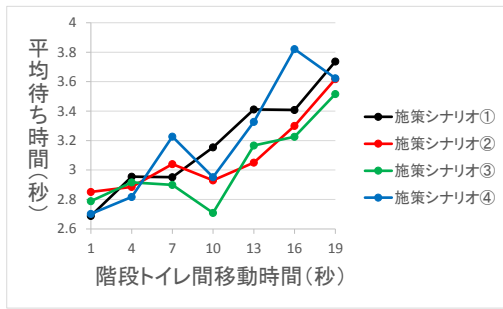


Fig. 27: 女性 - フロア人数 60 人の平均待ち時間

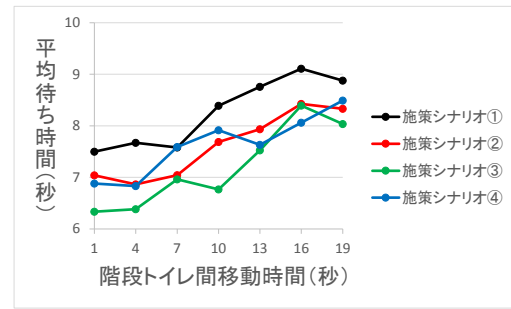


Fig. 30: 女性 - フロア人数 80 人の平均待ち時間

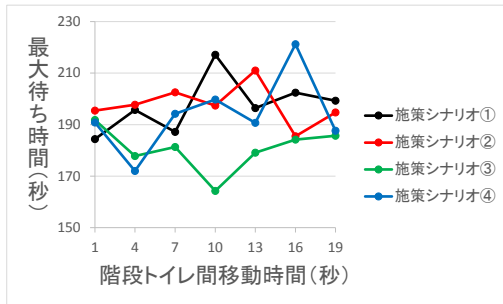


Fig. 28: 女性 - フロア人数 60 人の最大待ち時間

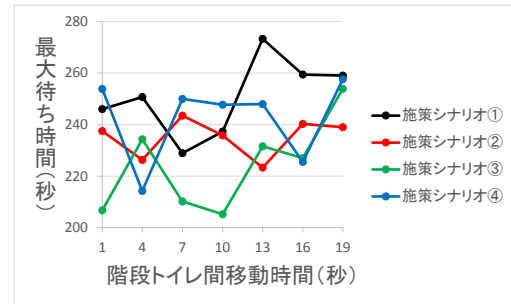


Fig. 31: 女性 - フロア人数 80 人の最大待ち時間

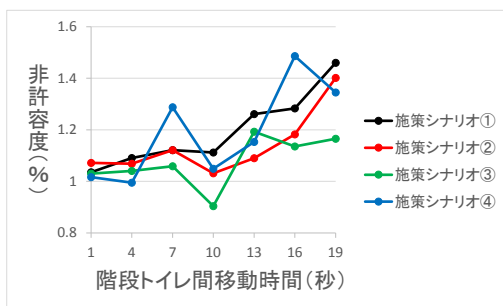


Fig. 29: 女性 - フロア人数 60 人の非許容度

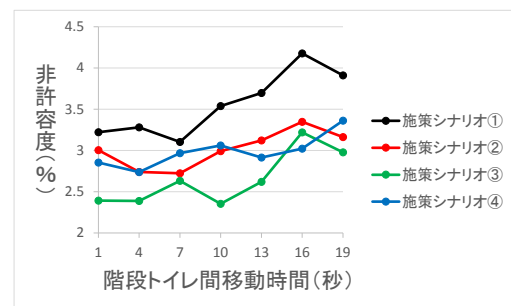


Fig. 32: 女性 - フロア人数 80 人の非許容度

性的フロア人数20人に対して個室を1つ設置しなくてはならない」という事務所衛生基準規則の最低基準であるが、トイレが満室になる状況は少し発生する程度であった。混雑具合としては男性のフロア人数が120人の場合と180人の場合の中間程度であり、女性用トイレは事務所衛生基準規則の最低基準を順守しているのであれば、男性と比較するとかなり混雑しにくいと言える。

トイレが満室になる状況が少しは発生していたが、最も効果的な施策シナリオは他のフロア人数の場合と同様③であることから、施策シナリオ③は女性用トイレに最も適した施策であると言える。

## 6 結論

本研究ではIoTを用いたトイレの空室検索サービスに着目し、サービスが導入されていない状況と3種類の与える情報が異なるサービスについてモデル化し、

シミュレーションを行った。フロア個室数に対するフロア人数や性別によって、効果の高いサービスが大きく異なるため、目的や状況に応じて導入するサービスを検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc121100.html>
- 2) 藤井, 関根, 紀谷: 衛生器具必要数の基準に関する調査と検討および提案, 空気調和・衛生工学, **39-11** (1965)
- 3) 村川, 金崎: 事務所における衛生器具利用者の待ち時間評価と適正器具数の検討, 日本建築学会論文報告集, **328, 83/93** (1983)
- 4) 今村, 前田, 牧野: エージェントモデルを用いた被災地トイレ利用のシミュレーション, 生体医工学シンポジウム2006, **11-5, 237/240** (2006)
- 5) <https://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-36-3-0.htm>